

Sandro Sacchelli,
Sara Fabbrizzi, Maria
Cipollaro

GESAAF - Dipartimento di Gestione
dei Sistemi Agrari, Alimentari e
Forestali - Università degli Studi di
Firenze

E-mail: sandro.sacchelli@unifi.it

Keywords: *climate change,*
adaptation strategies, Cumulative
Prospect Theory

Parole chiave: *cambiamento*
climatico, strategie di adattamento,
Teoria del Prospetto Cumulativo

JEL codes: C61, D81, Q54

Strategie di adattamento al cambiamento climatico per il settore vitivinicolo: un'applicazione della Teoria del Prospetto Cumulativo

The work analyses adaptation strategies to cope with extreme events and climate change in viticultural sector. Tools for complex systems analysis are integrated with probabilistic methods and operational research to account for uncertainty and the subjective perception of farmers. The concepts of Expected Utility and Cumulative Prospect Theory are considered to compare expected and prospected damages. The study area is located in the Chianti Classico district (Tuscany). A combination of fans, anti-hail nets and emergency irrigation is suggested as strategies in current scenario. The future climate projections suggest the need of fixed irrigation systems and the modification of production disciplinary. Multi-risk insurance does not seem to be an attractive strategy due to area peculiarities.

1. Introduzione

Il settore agricolo risulta essere particolarmente vulnerabile alla minaccia del cambiamento climatico, così da rendere necessaria l'adozione di adeguate strategie di adattamento (Niles *et al.* 2015). Il settore vitivinicolo si trova anch'esso costretto ad affrontare le sfide imposte dal cambiamento climatico, in relazione sia alla qualità e quantità di vino prodotto, che all'organizzazione dell'intero processo produttivo (Mozell e Thach 2014). Il crescente interesse legato agli effetti del cambiamento climatico sul settore vitivinicolo è testimoniato anche dal notevole incremento di lavori scientifici riguardanti l'argomento (Sacchelli *et al.* 2016). Tali contributi evidenziano analisi centrate sugli aspetti ambientali (Schultz e Jones 2010), sociali (Alonso e O'Neil 2011), economici (Bernetti *et al.* 2012) o applicazioni di approcci misti per analizzare la risposta sistemica al cambiamento (Lereboullet *et al.* 2013). L'incertezza apportata da tale fenomeno influenza negativamente la capacità di gestire e pianificare l'azienda agricola, cosicché l'agricoltore si trova sempre più spesso costretto ad adottare pratiche di adattamento per ridurre tali effetti negativi (Pannell *et al.* 2000).

Come sottolineato in letteratura, le scelte degli individui non seguono sistematicamente i principi della razionalità economica, risultando così incoerenti con la teoria dell'utilità attesa (von Neumann e Morgenstern 1947). Questo assunto è ampiamente dimostrato attraverso la teoria del prospetto (*Prospect Theory* - PT) che mira a integrare la teoria dell'utilità attesa, fornendo un modello teorico riferito ai

processi decisionali reali che portano le persone a prendere decisioni sub-ottimali (Kahneman e Tversky 1979). Nella PT, Kahneman e Tversky (1982, 1979) evidenziano come, sia il contesto in cui un individuo opera una scelta che l'avversione alle perdite abbiano un effetto determinante sulla scelta stessa. In particolare, gli autori hanno dimostrato che l'avversione alle perdite è un principio psicologico tale per cui, per la maggior parte degli individui, la motivazione ad evitare una perdita è superiore a quella di realizzare un guadagno.

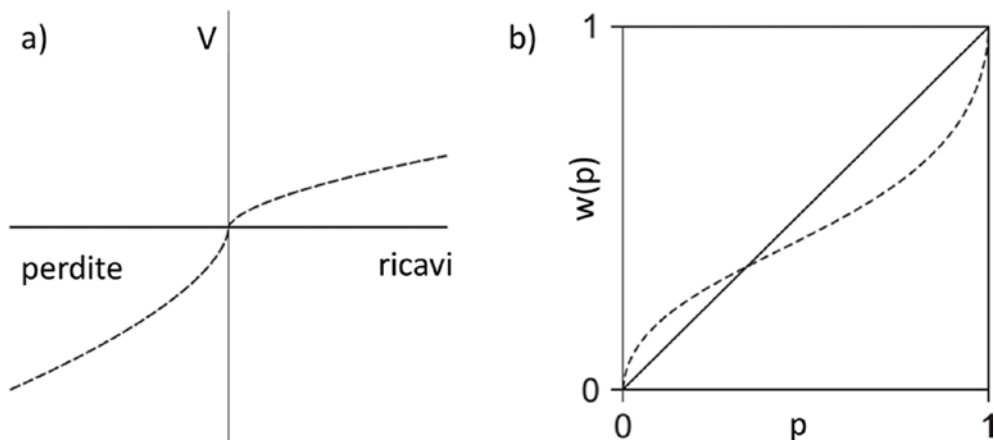
La PT tenta di superare i limiti legati alla Teoria dell'Utilità Attesa (Fox e Poldrack 2014). In base alla PT il valore prospettato (V) si differenzia da quello atteso (E), poiché dipendente da una funzione di valore del tipo:

$$V = v(x) \cdot w(p) \quad [1]$$

dove v corrisponde al valore soggettivo (o funzione di valore) di un determinato avvenimento x e w determina l'impatto della probabilità p legata al verificarsi dell'avvenimento. La funzione di valore nella PT sostituisce la funzione di utilità. Nella funzione di valore l'impatto marginale di un cambiamento diminuisce in valore con la distanza da un punto di riferimento. Nel caso di analisi di tipo monetario il punto di riferimento è lo status quo. La funzione di valore è concava per i ricavi e convessa per le perdite. La funzione di valore è inoltre più ripida per le perdite rispetto ai ricavi evidenziando una proprietà conosciuta come avversione alle perdite (Fig. 1a).

Come evidenziato dall'Eq. 1, nella PT il valore prospettato non è valutato in funzione della sua probabilità di accadimento. Esso viene quantificato in base a un *peso* che rappresenta l'impatto soggettivo di tale probabilità, per la quale pertanto esistono due punti di riferimento: l'impossibilità (0) e la certezza (1). Il peso è dunque rappresentato da una curva *s-shaped* inversa, concava in prossimità dello 0 e convessa vicino a 1 (Fig. 1b). Questo aspetto contribuisce a spiegare i risultati di numerosi test di laboratorio nei quali è emerso come le probabilità medio-alte siano

Figura 1. a) funzione di valore; b) funzione di peso.



sottostimate e quelle basse sovrastimate (Wakker 2001, Gonzalez e Wu 1999, Wu e Gonzalez 1998, Wu e Gonzalez 1996, Tversky e Fox 1995, Camerer e Ho 1994, Tversky e Kahneman 1992). Dal punto di vista empirico la sovrastima della bassa probabilità di ricavi e perdite può spiegare vari fenomeni quali, ad esempio, l'attrazione per la partecipazione a lotterie al crescere del premio, nonostante la corrispondente diminuzione di probabilità di vincita e l'interesse per la stipula di assicurazioni. Vari studi hanno rilevato come la teoria del prospetto espliciti, rispetto alla teoria dell'utilità attesa, un modello comportamentale in grado di comprendere meglio le scelte dell'individuo in un contesto di rischio (Bocquého *et al.* 2014, Bleichrodt *et al.* 2009). Tale teoria è stata utilizzata per la valutazione delle scelte strategiche relative alle problematiche di gestione ambientale riguardanti, ad esempio, i rischi ambientali (Bartczak *et al.* 2015), i sistemi assicurativi legati agli eventi estremi (Botzen e van den Bergh 2012) e il rischio di perdita del raccolto agrario (Babcock 2015).

La PT si applica alle scelte in condizioni di rischio, per al massimo due output. Per superare tali limiti ed estendere la PT a scelte in condizioni di incertezza e per un numero superiore di risultati (sempre in numero finito) gli stessi Tversky e Kahneman, (1992) hanno apportato alcune modifiche teorizzando la c.d. Teoria del Prospetto Cumulativo (*Cumulative Prospect Theory* – CPT). Le principali differenze consistono nel fatto che: i) la CPT stabilisce due diverse funzioni di peso per ricavi e perdite (ovvero i pesi sono dipendenti dal segno) e ii) nella CPT i pesi sono applicati alla funzione di distribuzione cumulata e non ai singoli eventi.

Il presente lavoro ha l'obiettivo di sviluppare un sistema di supporto decisionale per i *policy-makers* e gli *stakeholders* per l'identificazione di strategie di adattamento che possano far fronte agli impatti del cambiamento climatico nel settore vitivinicolo. L'analisi prende spunto da una precedente ricerca (Sacchelli *et al.* 2017), che ha testato per l'area del Chianti Classico (Toscana – Italia) un modello in grado di analizzare le diverse *performance* economiche delle aziende vitivinicole in caso di adozione di misure di adattamento per contrastare le perdite quali/quantitative di prodotto. Tale ricerca si è articolata secondo un approccio *mixed-method* attraverso l'integrazione di strumenti di analisi per sistemi complessi (*cognitive maps*), approcci di tipo probabilistico e ricerca operativa. L'ipotesi di base riguarda la scelta di strategie di azione in condizioni di incertezza, caratteristica centrale nelle questioni riguardanti il cambiamento climatico. Lo studio presente va ad integrare la precedente ricerca attraverso l'applicazione di un modello teorico di economia comportamentale basato sul *frame* metodologico della teoria del prospetto cumulativo, ben adattabile alle decisioni manageriali connesse alle problematiche del cambiamento climatico.

2. Materiali e metodi

2.1 Inquadramento metodologico

L'approccio metodologico usato in Sacchelli *et al.* (2017) fa riferimento alle tecniche "mix-method" nelle quali diverse strategie di analisi sono applicate in un

singolo caso di studio (DePoy e Gitlin 2016). Il metodo dell'ottimizzazione di sistemi non-lineari è stato utilizzato per definire le migliori strategie di adattamento al cambiamento climatico da poter applicare nella fase di campo per far fronte alle perdite quali/quantitative di vino. Il metodo di ottimizzazione prevede la minimizzazione delle perdite economiche dell'azienda vitivinicola. In particolare, la scelta delle migliori strategie di adattamento è stata definita in base agli output di quattro diversi modelli di analisi: i) modelli economici (dati di letteratura derivanti dal metodo *Full Cost Accounting*); ii) modelli agronomici (simulatori di crescita della vite); iii) modelli probabilistici per l'analisi del danno alla produzione di vino e iv) approccio *system thinking* (mappe cognitive). Il metodo *Full Cost Accounting* ha come output il costo dell'unità di prodotto considerando la remunerazione di tutti i fattori di produzione, inclusi costi impliciti ed espliciti. Tale valore è derivato dal lavoro di Marone *et al.* (2017) sviluppato per l'area del Chianti Classico. Il modello di simulazione di crescita della vite (*Vitis vinifera* L. cultivar Sangiovese) e relativa produzione di vino è stato implementato in Bindi *et al.* (1997) e aggiornato in Bindi *et al.* (2005). Il modello è stato eseguito per quantificare la produzione di vino all'attualità e per scenari futuri in base ai dati e agli scenari climatici dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2012, Hijmans *et al.* 2005) legati a temperature e precipitazioni medie. L'unità di misura dei risultati è espressa in l/annui di prodotto. I modelli probabilistici per l'analisi del danno alla produzione di vino hanno il compito di quantificare i danni attesi in termini di riduzione sia della quantità prodotta – causata da eventi climatici estremi – che della qualità. La valutazione della probabilità di eventi estremi è stata analizzata con dati di letteratura e attraverso proiezioni climatiche a medio termine (scenario RCP4.5 al 2050 dell'IPCC); tali proiezioni hanno, inoltre, permesso di quantificare la variazione di qualità del vino in base a modelli statistici realizzati ad hoc per l'area di studio (Sacchelli *et al.* 2017, Moriondo *et al.* 2011). Esperti del settore sono stati, infine, intervistati attraverso la tecnica della mappe cognitive (Ackermann *et al.* 2004, Kosko 1986) per definire le possibili strategie di adattamento per far fronte al rischio di perdite quali/quantitative e i relativi impatti tecnico/economici sul processo produttivo. Il numero totale di esperti è stato pari a 8, comprensivo di gestori di aziende vitivinicole e rappresentanti del mondo della ricerca. Il ridotto numero di intervistati è giustificato dalla tecnica applicata, poiché è dimostrato come – con le mappe cognitive – il numero di nuove variabili introdotte tenda a diminuire drasticamente nel *range* di poche interviste (Fabbrizzi *et al.* 2015, Özesmi e Özesmi 2004).

I risultati dei quattro metodi sopra descritti sono stati impiegati per la definizione delle migliori strategie di adattamento. Dal momento che i modelli applicati sono caratterizzati dalla presenza di operatori condizionali non-continui, è stata prevista un'ottimizzazione non-lineare (metaerustica) del problema basata su algoritmi genetici, risultati efficienti nella risoluzione di tipologie di analisi simili. Nello specifico il modello è stato ottimizzato attraverso l'algoritmo *Differential Evolution and Particle Swarm* (DEPS), grazie alla propria stabilità, le buone *performance* e le diverse applicazioni nella risoluzione di problemi legati ai sistemi complessi (Petalas *et al.* 2007).

2.2 Applicazione della CPT

Il lavoro ha previsto il confronto tra le migliori strategie di adattamento – all’attualità e in caso di cambiamento climatico – per due diversi approcci. Da un lato è stato applicato il concetto di rischio atteso basato sui risultati riportati in Sacchelli *et al.* (2017), dall’altro il concetto di rischio prospettato. Il rischio atteso $E(R)$ è calcolato con la seguente formula:

$$E(R) = \sum_{e=1}^m (d_e \cdot p_e) \quad [2]$$

con e categoria di danno, m numero totale di possibili categorie di danno, d danno stimato (perdita percentuale di prodotto), p probabilità annua del verificarsi del danno e -imo.

Nella presente ricerca la quantificazione del rischio atteso è stata sostituita dal concetto di rischio prospettato $V(R)$ secondo la teorizzazione sviluppata nella CPT:

$$V(R) = \sum_{e=1}^m (v(d_e) \cdot w(p_e)) \quad [3]$$

La funzione di valore del danno assumerà la forma (Tversky e Kahneman 1992):

$$v(d_e) = -\lambda \cdot (-d_e)^\beta \quad \forall d_e < 0 \quad [4]$$

con λ avversione alle perdite, β coefficiente di curvatura della funzione di valore per le perdite.

La funzione di peso assumerà invece la forma (Tversky e Kahneman 1992):

$$w(p_e) = \frac{p_e^\delta}{(p_e^\delta + (1 - p_e)^\delta)^{1/\delta}} \quad [5]$$

dove δ rappresenta il peso della probabilità per le perdite.

Gli impatti derivanti da eventi meteorologici eccezionali considerati nel lavoro sono (per maggiori dettagli si veda Sacchelli *et al.* 2017): grandinate, siccità, ondate di calore, gelate tardive, fitopatologie. Le strategie di adattamento che possono annullare/limitare gli effetti negativi dei suddetti impatti sono state identificate in: reti antigrandine, interventi contro le gelate tardive (ventilatori, generatori di calore, irrigazione sopra/sotto chioma), inserimento di cultivar resistenti alla siccità, realizzazione di impianti di irrigazione fissa, irrigazione di soccorso, modifica dei disciplinari di produzione, aumento dei trattamenti fitosanitari, stipula di polizze

assicurative multirischio e pratiche di agricoltura biologica con eventuale certificazione. Nel presente lavoro per “partiche di agricoltura biologica” sono da intendersi più in generale le tecniche *green* di gestione del vigneto applicabili nella fase di campo. Pratiche come l’inerbimento o la modifica delle potature verdi possono avere infatti effetti benefici per la mitigazione di siccità e l’attenuazione delle ondate di calore sul prodotto. Tali tecniche dunque – negli scenari presentati e in accordo con la normativa vigente – possono sia portare all’ottenimento della certificazione biologica, che essere affiancate da ulteriori interventi come trattamenti fitosanitari.

Gli scenari analizzati hanno valutato gli effetti degli eventi climatici estremi sulle performance economiche aziendali in funzione dei due approcci (calcolo del rischio atteso e prospettato) all’attualità e nel caso di cambiamento climatico al 2050. I risultati sono stati analizzati sia nel caso di non-intervento sia considerando la realizzazione di strategie di adattamento. Le *migliori* strategie di adattamento - rappresentate dalle scelte di intervento che massimizzano i redditi netti aziendali - sono ottenute con l’algoritmo di ottimizzazione metaeuristico descritto al paragrafo 2.1; la funzione obiettivo impostata nell’algoritmo è:

$$\begin{aligned} &\max RN \\ &s.t. \\ &SA_i = \text{binary} \end{aligned} \quad [6]$$

con RN reddito netto (€/ha anno⁻¹), SA_i strategia di adattamento *i-ima*; il vincolo $SA_i = \text{binary}$ impone lo stato binario delle strategie di adattamento che possono assumere valore 0 se non attivate e 1 se attivate.

Infine è stata realizzata una breve analisi sull’effetto della stipula di assicurazioni multirischio per la copertura del danno economico nel contesto della CPT.

3. Risultati

I risultati si riferiscono a un’azienda vitivinicola di caratteristiche ordinarie del distretto del Chianti Classico. L’espressione “caratteristiche ordinarie” denota che tutti i dati di input del modello (prezzi unitari del vino, costi unitari di produzione, numero/tipologia/impiego orario dei dipendenti, ecc.) derivano dalle condizioni *normali* – dal punto di vista estimativo – di un campione rappresentativo di aziende (Marone *et al.* 2017).

I risultati del lavoro evidenziano come la mancata attivazione di strategie di adattamento vada a differenziare nettamente l’efficienza economica aziendale valutata nell’ottica di un rischio atteso o prospettato (Fig. 2).

L’applicazione del concetto di rischio prospettato rende negativo il reddito netto anche all’attualità con un differenziale rispetto al calcolo con rischio atteso di circa 27000€/ha anno⁻¹. I valori di RN al 2050, pur mantenendosi negativi in entrambi i casi, sottolineano una minor differenza tra i due approcci (16187 €/ha anno⁻¹). L’introduzione di strategie di adattamento assottiglia ulteriormente – fino

Figura 2. Strategie di adattamento e indici di efficienza economica nel caso di applicazione del concetto di rischio atteso e prospettato (attualità e scenario futuro). In rosso: strategie non attivate; in verde: strategie attivate.

	E(R) Attualità: senza SA	V(R) Attualità: senza SA	E(R) Attualità: con SA	V(R) Attualità: con SA	E(R) Al 2050: senza SA	V(R) Al 2050: senza SA	E(R) Al 2050: con SA	V(R) Al 2050: con SA
Irrigazione sopra/sotto chioma	●	●	●	●	●	●	●	●
Ventilatori	●	●	●	●	●	●	●	●
Generatori di calore	●	●	●	●	●	●	●	●
Reti anti-grandine	●	●	●	●	●	●	●	●
Agricoltura biologica	●	●	●	●	●	●	●	●
Irrigazione d'emergenza	●	●	●	●	●	●	●	●
Aumento di trattamenti fitosanitari	●	●	●	●	●	●	●	●
Sostituzione cultivar	●	●	●	●	●	●	●	●
Impianti di irrigazione fissa	●	●	●	●	●	●	●	●
Modifica dei disciplinari	●	●	●	●	●	●	●	●
Assicurazioni multirischio	●	●	●	●	●	●	●	●
Agricoltura biologica + certificazione	●	●	●	●	●	●	●	●
Ricavi (€/ha anno-1)	29614	0	44875	45420	17588	0	42694	42694
Costi (€/ha anno-1)	20458	17885	27734	28385	19286	17885	29029	29029
Reddito netto (€/ha anno-1)	9155	-17885	17141	17034	-1698	-17885	13665	13665

ad annullare al 2050 – le differenze di RN tra il calcolo con rischio atteso e prospettato. Quest’ultimo approccio sembra introdurre, tra i vari interventi, anche un aumento dei trattamenti fitosanitari all’attualità. Il maggior impatto degli eventi climatici estremi (atteso e prospettato) al 2050 indica come strategia di adattamento ottimale la sostituzione di irrigazioni di soccorso con impianti fissi per sopperire alle carenze idriche. Ovviamente, tale intervento è sotteso alla necessità di modificare l’attuale disciplinare di produzione per l’area del Chianti Classico (Fig. 2). La similitudine delle strategie di adattamento al 2050 per gli scenari atteso e prospettato evidenziano come l’alto impatto del cambiamento climatico tenda a rendere necessaria in entrambi i casi l’attivazione di tutte le strategie tra loro compatibili (a meno di una sostituzione della cultivar). Gli output della Fig. 2 sono stati ottenuti settando il modello di analisi con i dati originari ottenuti da Tversky e Kahneman (1992) e confermati in numerosi studi legati alla CPT. In particolare, il parametro di avversione alle perdite λ è pari a 2,25 e il coefficiente di curvatura β della funzione di valore è di 0,88.

Al fine di testare il modello per diversi tipi di *decision-makers* è stata condotta un’analisi di sensitività dei risultati basata sulla variazione del grado di avversione al rischio di perdite λ (Fig. 3a e 3b).

Ovviamente, all’aumentare del grado di avversione tende ad aumentare anche il numero di strategie di adattamento. Per valori di $\lambda > 0,5$, la tipologia ottimale di intervento rimane invariata. Con $\lambda = 0,5$ all’attualità le strategie ottimali sembrano essere le pratiche agronomiche di agricoltura biologica e il mantenimento di irrigazioni di soccorso, oltre all’installazione di ventilatori per la minimizzazione del danno da gelate tardive. Al 2050 gli interventi di agricoltura biologica vengono affiancati da trattamenti contro patogeni, impianti di irrigazione e modifica dei disciplinari produttivi. Nel caso di totale propensione al rischio perdite ($\lambda = 0$) all’attualità possono non venire attivate specifiche strategie di adattamento mentre al 2050 è comunque necessaria la realizzazione di impianti di irrigazione (oltre alla conseguente modifica dei disciplinari).

È stata, infine, effettuata un’analisi sulla possibilità di sviluppo di assicurazioni multirischio per far fronte a eventi estremi. Lo scenario analizzato è riferito al 2050 e

Figura 3. Strategie di adattamento e reddito netto in funzione del grado di avversione al rischio perdite λ : a) attualità; b) scenario al 2050. In rosso: strategie non attivate; in verde: strategie attivate.

a)	V(R) all'attualità						
	$\lambda: 0$	$\lambda: 0.5$	$\lambda: 1$	$\lambda: 1.5$	$\lambda: 2$	$\lambda: 2.5$	$\lambda: 3$
Irrigazione sopra/sotto chioma	×	×	×	×	×	×	×
Ventilatori	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Generatori di calore	×	×	×	×	×	×	×
Reti anti-grandine	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
Agricoltura biologica	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Irrigazione d'emergenza	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aumento di trattamenti fitosanitari	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
Sostituzione cultivar	×	×	×	×	×	×	×
Impianti di irrigazione fissa	×	×	×	×	×	×	×
Modifica dei disciplinari	×	×	×	×	×	×	×
Assicurazioni multirischio	×	×	×	×	×	×	×
Agricoltura biologica + certificazione	×	×	×	×	×	×	×
Reddito netto (€/ha anno-1)	23588	17536	17034	17034	17034	17034	17034

b)	V(R) al 2050						
	$\lambda: 0$	$\lambda: 0.5$	$\lambda: 1$	$\lambda: 1.5$	$\lambda: 2$	$\lambda: 2.5$	$\lambda: 3$
Irrigazione sopra/sotto chioma	×	×	×	×	×	×	×
Ventilatori	×	×	×	✓	✓	✓	✓
Generatori di calore	×	×	×	×	×	×	×
Reti anti-grandine	×	×	×	✓	✓	✓	✓
Agricoltura biologica	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Irrigazione d'emergenza	×	×	×	×	×	×	×
Aumento di trattamenti fitosanitari	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sostituzione cultivar	×	×	×	×	×	×	×
Impianti di irrigazione fissa	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
Modifica dei disciplinari	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Assicurazioni multirischio	×	×	×	×	×	×	×
Agricoltura biologica + certificazione	×	×	×	×	×	×	×
Reddito netto (€/ha anno-1)	21291	14018	13665	13665	13665	13665	13665

Figura 4. Strategie di adattamento e reddito netto in funzione del livello di franchigia per assicurazioni multirischio. In rosso: strategie non attivate; in verde: strategie attivate.

	franchigia: 0%	franchigia: 2%	franchigia: 2.5%	franchigia: 3%
Irrigazione sopra/sotto chioma	×	×	×	×
Ventilatori	✓	✓	✓	✓
Generatori di calore	×	×	×	×
Reti anti-grandine	✓	✓	✓	✓
Agricoltura biologica	✓	✓	✓	✓
Irrigazione d'emergenza	×	×	×	×
Aumento di trattamenti fitosanitari	✓	✓	✓	✓
Sostituzione cultivar	×	×	×	×
Impianti di irrigazione fissa	✓	✓	✓	✓
Modifica dei disciplinari	✓	✓	✓	✓
Assicurazioni multirischio	✓	✓	✓	×
Agricoltura biologica + certificazione	×	×	×	×
Reddito netto (€/ha anno-1)	13902	13740	13700	13665

ha previsto l'ipotesi di un premio pari a 300 €/ha anno⁻¹ con un finanziamento pubblico dello stesso pari al 50%. I risultati evidenziano come tale scelta sembri essere ottimale soltanto con livelli di franchigia molto bassi, nell'ordine del 3% (Fig. 4).

4. Discussione e conclusioni

Il metodo implementato permette di definire strategie di intervento ottimali da applicare nella fase di campo delle aziende vitivinicole per far fronte agli impatti degli eventi meteorici estremi e del cambiamento climatico. Il modello evidenzia le differenze tra due diversi approcci: da un lato l'analisi degli impatti valutati in termini di rischio atteso e dall'altro di rischio prospettato.

Le due stime permettono di definire le migliori azioni per massimizzare l'efficienza economica dell'azienda tenendo quindi in considerazione sia le strategie ottimali di mitigazione del danno (approccio con rischio atteso), sia quelle sub-ottimali ovvero percepite dall'imprenditore (approccio con rischio prospettato). Questa distorsione è essenzialmente dovuta all'alterazione della funzione di valore e della funzione di probabilità che avvengono normalmente nel processo decisionale soggettivo, in base al livello di propensione/avversione al rischio personale. In tale quadro la metodologia sviluppata può rappresentare un primo *step* per guidare il decisore verso strategie di intervento ottimali.

Un ulteriore motivo di interesse della metodologia proposta è legato al fatto che i presupposti teorici della Teoria del Prospetto Cumulativo stanno rispondendo alle evidenze empiriche emerse da numerosi studi di Neuroeconomia (Fox e Poldrack 2014). In particolare, analisi basate su tecniche di Risonanza Magnetica Funzionale (*Functional Magnetic Resonance Imaging* – fMRI) hanno sottolineato le correlazioni neurobiologiche tra distorsioni delle funzioni di valore / probabilità nel caso di scelte in condizioni di incertezza e l'attivazione di particolari aree del cervello (si vedano ad es. Plassmann *et al.* 2010, Paulus e Frank 2006). Anche se nel processo decisionale vengono attivate le stesse aree cerebrali, si è infatti riscontrato un diverso “grado di attivazione” (altamente correlato con le funzioni ottenute da Kahneman e Tversky e dagli altri autori nei vari studi citati) a seconda dello scenario presentato (perdite/ricavi) (Tom *et al.* 2007).

Tra i vari risultati della ricerca emerge il considerevole impatto negativo connesso alle proiezioni di cambiamento climatico nell'area di studio per quanto riguarda la quantità di vino producibile in scenari futuri.

Tra le diverse strategie di adattamento applicabili all'attualità i risultati sembrano suggerire una combinazione tra ventilatori, reti anti-grandine e irrigazioni di soccorso. Le proiezioni climatiche future e gli eventi estremi stimati rendono necessaria un'integrazione/sostituzione delle suddette azioni con impianti di irrigazione fissi e la conseguente modifica dei disciplinari di produzione. Inoltre, è da rilevare come le pratiche di agricoltura biologica – a prescindere dal successivo ottenimento di certificazione, incompatibile ad esempio con i trattamenti fitosanitari – sembrano essere una delle migliori strategie da adottare nei diversi scenari analizzati.

Le assicurazioni a copertura parziale non sembrano essere una strategia appetibile per l'area di studio, presumibilmente in considerazione dell'elevata qualità del prodotto, fatto che privilegia il mantenimento del livello produttivo anziché l'applicazione di forme di gestione del rischio finanziario sullo stesso.

La fase di lavoro successiva sarà quella di convalidare tale modello attraverso un piano di interviste agli agricoltori, per la definizione dei reali livelli di propen-

sione al rischio e della percezione delle migliori strategie di adattamento tra tutte quelle possibili. La ricerca potrà inoltre integrare la valutazione delle strategie di adattamento in campo con ulteriori analisi come ad esempio azioni da apportare nella fase di vinificazione e/o *marketing orienteed* con indagini mirate alla stima della soddisfazione del consumatore relativamente alla qualità del prodotto. Questo aspetto sarà di particolare importanza per la valutazione della reale possibilità di modifica del disciplinare; tale modifica sarà effettivamente realistica anche in relazione dei possibili effetti sulla qualità del vino e della percezione del consumatore.

I risultati potranno pertanto aprire la strada a percorsi di scelta partecipati. Il sistema di supporto alle decisioni sviluppato potrà essere applicato in condizioni di incertezza sia a sostegno dell'agricoltore per la gestione dell'azienda agricola (Matthews *et al.* 2008), sia nel settore pubblico per la definizione di politiche di medio-lungo periodo per la gestione del rischio.

Bibliografia

- Ackermann F, Eden C. e Cropper S. (2004). Getting started with cognitive mapping. In: Proceedings of 7th Young OR Conference: 65-82, University of Warwick. www.banxia.com/pdf/de/GettingStartedWithCogMapping.pdf. (Accessed 28 February 2017).
- Alonso A.D. e O'Neill M.A. (2011). Climate change from the perspective of Spanish wine growers: a three-region study. *British Food Journal* 113: 205-221.
- Babcock B.A. (2015). Using Cumulative Prospect Theory to explain anomalous crop insurance coverage choice. *American Journal of Agricultural Economics* 97: 1371-1384.
- Bartczak A., Chilton S. e Meyerhoff J. (2015). Wildfires in Poland: The impact of risk preferences and loss aversion on environmental choices. *Ecological Economics* 116: 300-309.
- Bernetti I., Menghini S., Marinelli N., Sacchelli S. e Alampi Sottini V. (2012). Assessment of climate change impact on viticulture: economic evaluations and adaptation strategies analysis for the Tuscan wine sector. *Wine Economics and Policy* 1: 73-86.
- Bindi M., Miglietta F., Gozzini B., Orlandini S. e Seghi L. (1997). A simple model for simulation of growth and development in grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. model description. *Vitis* 36: 67-71.
- Bindi M., Bellesi S., Orlandini S., Fibbi L., Moriondo M. e Sinclair T. (2005). Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese grapevines grown in pots. *American Journal of Enology and Viticulture* 56: 68-72.
- Bleichrodt H., Schmidt U. e Zank H. (2009). Additive utility in prospect theory. *Management Science* 55: 863-873.
- Bocquého G., Jacquet F. e Reynaud A. (2014). Expected Utility or Prospect Theory Maximisers? Assessing Farmers' Risk Behaviour from Field-Experiment Data. *European Review of Agricultural Economics* 41: 135-172.
- Botzen W.J.W. e van den Bergh J.C.J.M. (2012). Risk attitudes to low-probability climate change risks: WTP for flood insurance. *Journal of Economic Behavior & Organization* 82: 151-166.
- Camerer C.F. e Ho T.H. (1994). Violations of the Betweenness Axiom and Nonlinearity in Probability. *Journal of Risk and Uncertainty* 8: 167-196.
- DePoy E. e Gitlin L.N. (2016). Mixed method designs. In: DePoy E. e Gitlin L.N. (Eds.). *Introduction to Research - Understanding and Applying Multiple Strategies*. Fifth Edition Elsevier: 173-179.
- Fabbrizzi S., Sacchelli S., Menghini S. e Bernetti I. (2015). Coping with the economic crisis in agriculture: an analysis of the Tuscany (Italy) premium quality wine area and strategies for impact mitigation. *New Medit* 3: 61-72.
- Fox C.R. e Poldrack R.A. (2014). Appendix - Prospect Theory and the Brain. In: Glimcher P.W. e Fehr E. (Eds.). *Neuroeconomics*. Second Edition Elsevier: 533-567.

- Gonzalez R. e Wu G. (1999). On the Shape of the Probability Weighting Function. *Cognitive Psychology* 38: 129-166.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G. e Jarvis A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- IPCC (2012). In: Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.K., Allen S.K., Tignor M. e Midgley P.M. (Eds.). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY, USA, Cambridge University Press.
- Kahneman D. e Tversky A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 47: 263-291.
- Kahneman D. e Tversky A. (1982). On the Study of Statistical Intuition. *Cognition* 11: 123-141.
- Kosko B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies* 24: 65-75.
- Lereboullet A.L., Beltrando G. e Bardsley D.K. (2013). Socio-ecological adaptation to climate change: a comparative case study from the Mediterranean wine industry in France and Australia. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 164: 273-285.
- Marone E., Bertocchi M., Boncinelli F. e Marinelli N. (2017). The cost of making wine: A Tuscan case study based on a full cost approach. *Wine Economics and Policy* 6(2): 88-97, <https://doi.org/10.1016/j.wep.2017.06.002>
- Matthews K.B., Schwarz G., Buchan, K., Rivington M. e Miller D. (2008). Wither agricultural DSS? *Computers and Electronics in Agriculture* 61: 149-159.
- Moriondo M., Bindi M., Fagarazzi C., Ferrise R. e Trombi G. (2011). Framework for high-resolution climate change impact assessment on grapevines at a regional scale. *Regional Environmental Change* 11: 553-567.
- Mozell R.N. e Thach L. (2014). The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions. *Wine Economics and Policy* 3: 81-89.
- Niles M.T., Lubell M. e Brown M. (2015). How limiting factors drive agricultural adaptation to climate change. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 200: 178-185.
- Özesmi U. e Özesmi S.L. (2004). Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological Modelling* 176: 43-64.
- Pannell D.J., Malcolm B. e Kingwell R.S. (2000). Are we risking too much? Perspectives on risk in farm modelling. *Agricultural Economics* 23: 69-78.
- Paulus M.P. e Frank L.R. (2006). Anterior cingulate activity modulates nonlinear decision weight function of uncertain prospects. *Neuroimage* 30: 668-677.
- Petalas Y.G., Parsopoulos K.E., Papageorgiou E.I., Groumpos P.P. e Vrahatis M.N. (2007). Enhanced learning in fuzzy simulation models using memetic particle swarm optimization. In: *Proceedings of the 2007 IEEE Swarm Intelligence Symposium (SIS 2007)*: 16-22, Washington, D.C.
- Plassmann H., O'Doherty J.P. e Rangel A. (2010). Appetitive and aversive goal values are encoded in the medial orbitofrontal cortex at the time of decision making. *The Journal of Neuroscience* 30: 10799-10808.
- Sacchelli S., Fabbriizzi S. e Menghini S. (2016). Climate change effects and adaptation strategies in the wine sector: a quantitative literature review. *Wine Economics and Policy* 5: 114-126.
- Sacchelli S., Fabbriizzi S., Bertocchi M., Marone E., Menghini S. e Bernetti I. (2017). A mix-method model for adaptation to climate change in the agricultural sector: A case study for Italian wine farms. *Journal of Cleaner Production* 166: 891-900.
- Schultz H.R. e Jones G.V. (2010). Climate induced historic and future changes in viticulture. *Journal of Wine Research* 21: 137-145.
- Tom S.M., Fox C.R., Trepel C. e Poldrack R.A. (2007). The neural basis of loss aversion in decision-making under risk. *Science* 315: 515-518.
- Tversky A. e Fox C.R. (1995). Weighing risk and uncertainty. *Psychological Review* 102: 269-283.
- Tversky A. e Kahneman D. (1992). Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty* 5: 297-323.

- von Neumann J. e Morgenstern O. (1947). *Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton, N. J., Princeton University.
- Wakker P.P. (2001). Testing and Characterizing Properties of Nonadditive Measures Through Violations of the Sure-thing Principle. *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 69: 1039-1059.
- Wu G. e Gonzalez R. (1996). Curvature of the Probability Weighting Function. *Management Science* 42: 1676-1690.
- Wu G. e Gonzalez R. (1998). Common Consequence Conditions in Decision Making under Risk. *Journal of Risk and Uncertainty*.